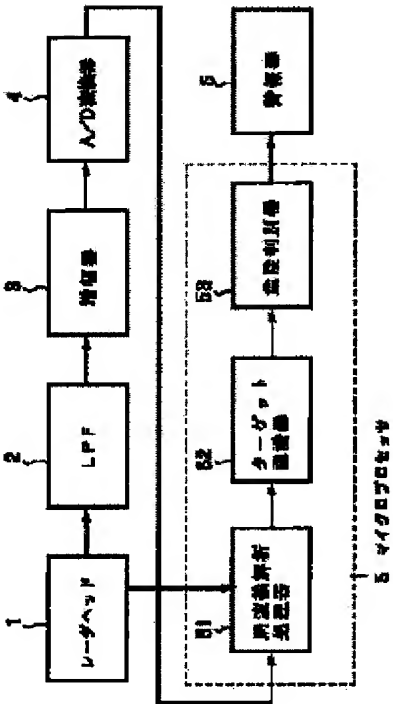


FM-CW RADAR DEVICE

Publication number: JP2000019245
Publication date: 2000-01-21
Inventor: HIRAO MANABU
Applicant: NIPPON ELECTRIC CO
Classification:
- international: G01S13/34; G01S13/93; G01S13/00; (IPC1-7): G01S13/34; G01S13/93
- European:
Application number: JP19980183492 19980630
Priority number(s): JP19980183492 19980630

Report a data error here

Abstract of JP2000019245
PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an FM-CW radar device for preventing an erroneous combination of the peaks of upper and lower sections obtaining an accurate pair of peaks, and accurately detecting the relative speed and the distance of a target by calculating the degree of agreement of the peaks of the spectrum of beat signals corresponding to the upper and lower sections of a triangular wave, setting a pair of peaks with a high degree of agreement as the candidate of the peak combination of the target as a tentative peak pair, and relating in to the change of the position of the target with time. SOLUTION: A frequency analysis processor 51 extracts a spectrum from the discrete value data of a beat signal. A target recognizer 52 detects a peak with at least a constant threshold from an input spectrum, judges whether a peak pair exists at an estimated position in the next cycle of a target that has already been decided and follows a target, obtains a peak with the highest degree of agreement as a tentative pair for a new target other than the decided target, then judges whether the tentative peak pair exists at a position that is estimated in the previous cycle for deciding the target, and calculates the distance and the relative speed between a radar device and the target according to the peak pair of the decided target.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-19245
(P2000-19245A)

(43) 公開日 平成12年1月21日 (2000.1.21)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	データベース (参考)
G 0 1 S 13/34		C 0 1 S 13/34	5 J 0 7 0
13/93		13/93	

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願平10-183492	(71) 出願人	000004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目7番1号
(22) 出願日	平成10年6月30日 (1998.6.30)	(72) 発明者	平尾 学 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
		(74) 代理人	100086235 弁理士 松浦 兼行

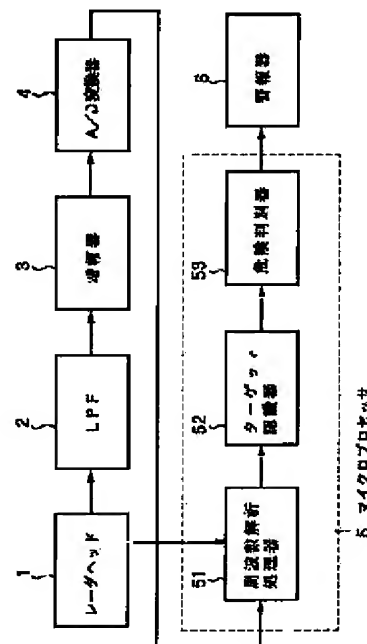
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 FM-CWレーダ装置

(57) 【要約】

【課題】 従来は、近接する複数の目標物の相対速度が緩やかである場合は、ピーク的全組み合わせから整合のとれたピークの組み合わせを検出するのに時間がかかり、また誤った組み合わせを検出することがある。

【解決手段】 周波数解析処理器51は、ビート信号の離散値データからスペクトラムを抽出する。ターゲット認識器52は、入力スペクトラムから一定以上のしきい値をもつピークを検出し、すでに確定しているターゲットの次サイクルでの推定位置にピークペアがあるかどうかを判別してターゲットの追従を行い、確定ターゲット以外の新規ターゲットに対して最も適合度合いが高いピークペアを仮ピークペアとして求めた後、前サイクルで推定した位置に仮ピークペアがあるかどうかを判別してターゲットの確定を行い、その確定ターゲットのピークペアから当該レーダ装置と目標物との間の距離、及び相対速度を算出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 一定周期の変調信号で周波数変調された信号を送信波として目標物に向けて送信し、該目標物からの反射波を受信して前記送信波とのビート信号を得る送受信手段と、

前記ビート信号を周波数解析処理して該ビート信号のスペクトラムを抽出する周波数解析処理器と、

前記周波数解析処理器で得られたスペクトラムから、前記変調信号の半周期毎に一定のしきい値以上のピークを検出し、前記変調信号の各周期毎に前半の半周期と後半の半周期に対応した前記ピークのペアのうち、適合度合いの高いピークのペアを仮ピークペアとして前記目標物のピーク組み合わせの候補として、次の周期の仮ピークペアの時間位置を推定し、該次の周期の実際の検出ピークの時間位置と推定時間位置とに基づいてターゲットの確定を行い、その確定されたターゲットのピークペアから前記目標物までの距離及び目標物との相対速度を算出するターゲット認識器とを有することを特徴とするFM-CWレーダ装置。

【請求項2】 前記ターゲット認識器は、前記周波数解析器で得られたスペクトラムから一定のしきい値以上のピークを検出するピーク周波数検出器と、前記変調信号の各周期毎に前半の半周期と後半の半周期に対応した前記ピークのペアが、既に確定したターゲットの該変調信号の次の周期での推定時間位置にあるかどうか判別してターゲットの追従を行うターゲット追従器と、前記確定ターゲット以外の新規ターゲットに対して前記ピークのペアのうち適合度合いの高いピークのペアを仮ピークペアとして前記目標物のピーク組み合わせの候補とする仮ピークペア検出器と、前周期で推定した時間位置に略等しい位置に前記仮ピークペア検出器で検出された仮ピークペアがあるかどうか判別してターゲットを確定するターゲット確定器と、確定しているターゲットのピークペアから前記目標物までの距離及び目標物との相対速度を検出する検出器とよりなることを特徴とする請求項1記載のFM-CWレーダ装置。

【請求項3】 前記ターゲット認識器は、前記変調信号の各周期毎に前半の半周期と後半の半周期に対応した前記ピークのペアのうち、目標物からの反射波に基づくピークペアとして識別された確定ターゲットがあるかどうか判定し、該確定ターゲットがある場合は、前記変調信号の前周期で推定した時間位置と略等しい位置に今回の周期の検出ピークのペアが存在するか判定し、存在しないときは前記確定ターゲットの追従を解除し、存在するときは前記確定ターゲットを更新すると共にその確定ターゲットに基づき次の周期でのピークペアの推定位置を算出する確定ターゲットの追従処理を行うことを特徴とする請求項1又は2記載のFM-CWレーダ装置。

【請求項4】 前記ターゲット認識器は、前記変調信号の各周期毎に前半の半周期と後半の半周期に対応した前

記ピークのペアのうち、一方の半周期で検出したすべてのピークについて、その検出ピークに対応する他方の半周期でのピーク検索範囲を求め、その検索範囲に存在する各ピークと前記検出ピークの間で区間積分の差分値とピークレベルの差分値とを求め、該区間積分の差分値とピークレベルの差分値とに基づいて前記適合度合いを算出し、前記変調信号の各周期毎に前半の半周期と後半の半周期に対応した前記ピークのペアのうち、該適合度合いの最も高いペアを仮ピークペアとし、その仮ピークペアを構成する一方のピークが他の仮ピークペアを構成しているときは、該仮ピークペアの適合度合いと該他の仮ピークペアの適合度合いを比較し、適合度合いの高いピークペアを仮ピークペアとして選択する仮ピークペア算出処理を行うことを特徴とする請求項1又は2記載のFM-CWレーダ装置。

【請求項5】 前記ターゲット認識器は、前記変調信号の前周期で推定した時間位置に略等しい位置に今回検出したピークのうちの確定判別中の前記仮ピークペアが存在するかどうか判別し、存在しないときはその仮ピークペアの確定判別回数をリセットし、存在するときはその仮ピークペアの確定判別回数をカウントアップしてカウントアップ後の値が規定値以上か判定し、該規定値以上のときはその仮ピークペアを確定ターゲットとし、該規定値未満のときはその仮ピークペアに基づいて次の周期でのピークペアの推定時間位置を算出する仮ピークペア確定判別処理を行うことを特徴とする請求項1又は2記載のFM-CWレーダ装置。

【請求項6】 前記ターゲット認識器は、前記確定されたターゲットのピークペアを $PK_{up1}(N)$ 、 $PK_{1dn}(N)$ としたとき、 $k_r \times \{ (PK_{up1}(N) + PK_{1dn}(N)) / 2 \}$ により前記目標物との距離を求め、 $k_v \times \{ (PK_{up1}(N) - PK_{1dn}(N)) / 2 \}$ により前記目標物との相対速度を算出する（ただし、 k_r 、 k_v は定数）ことを特徴とする請求項1又は2記載のFM-CWレーダ装置。

【請求項7】 前記変調信号は三角波であり、該変調信号の前半の半周期と後半の半周期は、該三角波の振幅が単調増加する上り区間と該三角波の振幅が単調減少する下り区間であることを特徴とする請求項1乃至6のうちのいずれか一項記載のFM-CWレーダ装置。

【請求項8】 前記ターゲット認識器により算出された前記目標物までの距離及び前記目標物との相対速度に基づいて、自装置に対して危険か否かを判別する危険判別器と、該危険判別器により危険と判別されたときは警報を発生する警報器とを更に有することを特徴とする請求項1記載のFM-CWレーダ装置。

【請求項9】 前記周波数解析処理器及び前記ターゲット認識器は、マイクロプロセッサにより構成することを特徴とする請求項1記載のFM-CWレーダ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はFM-CWレーダ装置に係り、特に周波数変調された連続波を送信波として自動車などの目標物に向けて送信し、その目標物から反射されて戻ってきた反射波を受信波として取り入れて、当該目標物との距離及び目標物との相対速度を検出するFM-CWレーダ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、自動車に搭載され、前方や後方を走行する他の自動車を監視して、それらとの距離や相対速度を同時に測定できるFM-CW (Frequency Modulation - Continuous Wave) レーダ装置が知られている(特開平6-138217号公報、特開平7-120549号公報、特開平9-288171号公報、特開平10-20025号公報など)。また、車載レーダ装置には、ミリ波帯の電波を応用したミリ波レーダがあり、ミリ波レーダにもFM-CWレーダ装置がある。

【0003】このFM-CWレーダ装置は、三角波によって周波数変調(FM)された連続波を送信波として前方に位置する自動車などの目標物に向けて送信し、当該目標物によって反射されて戻ってきた反射波を受信波として取り入れて、その時の送信波と受信波をミキシングして得られるビート信号をたとえば高速フーリエ変換(FFT)のような周波数解析手法によって信号処理することで目標物との距離、及び相対速度を算出する装置である。

【0004】このFM-CWレーダ装置は自動車に搭載され、前方や後方を走行する他の自動車を監視して距離、及び相対速度を同時に測定することができ、特に、前方を走行する自動車の監視をすることで、自動車の追突、あるいは衝突事故を未然に防ぐものであり、今後大いに役立つことが期待されている。

【0005】このFM-CWレーダ装置における距離、及び相対速度の算出には、三角波の上り区間と下り区間に対応するビート信号のスペクトラムにおいて、目標物を示すピーク周波数が使用される。単一の目標物の場合、上り区間のピーク周波数 f_a と下り区間のピーク周波数 f_b から距離 R と相対速度 V は、それぞれピーク周波数の和算値と差分値に比例する形、すなわち、
$$R = A \cdot ((f_a + f_b) / 2)$$
$$V = A \cdot ((f_a - f_b) / 2) \quad (A: \text{定数})$$
による演算式により求められる。しかし、目標物が複数存在する場合は上り区間と下り区間のスペクトラムに目標物の数だけのピークが現れる。

【0006】複数の目標物の距離と相対速度を検出するためには、これらの上り区間のピークと下り区間のピークを正確に組み合わせることが必要である。そこで、従来の一つの方法として、上り区間と下り区間のスペクトラムのピーク的全組み合わせによる目標物の距離と相対速度から一定時間後の目標物の位置を推測して整合がと

れているピーク同士を組み合わせ、それぞれ複数の目標物の距離と相対速度を求めている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかるに、上記の従来のFM-CWレーダ装置では、距離及び相対速度の算出には、三角波の上り区間と下り区間に対応するビート信号のスペクトラムにおいて、目標物を示すピーク周波数を使用しているが、近接する複数の目標物の相対速度が緩やかである場合は、目標物の位置が時間的に変化する割合が小さいため、ピーク的全組み合わせから整合のとれたピークの組み合わせを検出するのに時間がかかり、また誤った組み合わせを検出する等の問題がある。

【0008】本発明は上記の点に鑑みなされたもので、三角波の上下区間に対応したビート信号のスペクトラムのピークの適合度合いを算出し、適合度合いの高いピーク対を仮ピークペアとして目標物のピーク組み合わせの候補とし、目標物の位置の時間的変化と関連づけることで、誤った上下区間のピークの組み合わせを防止し、正確なピーク対を求め、目標物の距離と相対速度を精度良く検出できるFM-CWレーダ装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は上記の目的を達成するため、一定周期の変調信号で周波数変調された信号を送信波として目標物に向けて送信し、目標物からの反射波を受信して送信波とのビート信号を得る送受信手段と、ビート信号を周波数解析処理してビート信号のスペクトラムを抽出する周波数解析処理器と、周波数解析処理器で得られたスペクトラムから、変調信号の半周期毎に一定のしきい値以上のピークを検出し、変調信号の各周期毎に前半の半周期と後半の半周期に対応したピークのペアのうち、適合度合いの高いピークのペアを仮ピークペアとして目標物のピーク組み合わせの候補として、次の周期の仮ピークペアの時間位置を推定し、次の周期の実際の検出ピークの時間位置と推定時間位置とに基づいてターゲットの確定を行い、そのターゲット認識器により確定されたターゲットのピークペアから目標物までの距離及び目標物との相対速度を算出するターゲット認識器とを有する構成としたものである。

【0010】ここで、上記のターゲット認識器は、周波数解析器で得られたスペクトラムから一定のしきい値以上のピークを検出するピーク周波数検出器と、変調信号の各周期毎に前半の半周期と後半の半周期に対応したピークのペアが、既に確定したターゲットの変調信号の次の周期での推定時間位置にあるかどうか判別してターゲットの追従を行うターゲット追従器と、確定ターゲット以外の新規ターゲットに対してピークのペアのうち適合度合いの高いピークのペアを仮ピークペアとして目標物のピーク組み合わせの候補とする仮ピークペア検出器と、前周期で推定した時間位置に略等しい位置に仮ピーク

クベア検出器で検出された仮ピークベアがあるかどうか判別してターゲットを確定するターゲット確定器と、確定しているターゲットのピークベアから目標物までの距離及び目標物との相対速度を検出する検出器とよりなる。

【0011】本発明では、周波数解析処理器で得られたスペクトラムから、変調信号の半周期毎に一定のしきい値以上のピークを検出し、変調信号の各周期毎に前半の半周期と後半の半周期に対応したピークのベアのうち、適合度合いの高いピークのベアを仮ピークベアとして目標物のピーク組み合わせの候補として、次の周期の仮ピークベアの時間位置を推定し、次の周期の実際の検出ピークの時間位置と推定時間位置とに基づいてターゲットの確定を行い、その確定されたターゲットのピークベアから目標物までの距離及び目標物との相対速度を算出するようにしたため、目標物との相対速度に依存せずに適合度合いの高いピークベアと時系列上の整合性を利用して、信頼度の高いピークベアを選択することでターゲットを確定できる。

【0012】また、本発明は、ターゲット認識器により算出された目標物までの距離及び目標物との相対速度に基づいて、自装置に対して危険か否かを判別する危険判別器と、危険判別器により危険と判別されたときは警報を発生する警報器とを有する構成としたものである。この発明では、上記の目標物が障害物である場合、障害物の近接を判断して警報を発生することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態について、図面と共に説明する。図1は本発明になるFM-CWレーダ装置の一実施の形態のブロック図、図2は図1中のレーダヘッドの一例の構成図、図3は図1中のターゲット認識器の一実施の形態のブロック図、図4は図1の動作を説明するためのフローチャート、図5は図4に示したターゲット認識器を説明するためのフローチャート、図7、6は図5に示したフローチャートの仮ピークベア算出ルーチンを説明するためのフローチャート、図6は図5に示したフローチャートの確定ターゲット追従判別ルーチンを説明するためのフローチャート、図9は図5に示したフローチャートの仮ピークベアの確定判別ルーチンを説明するためのフローチャートである。

【0014】図1に示すように、この実施の形態のFM-CWレーダ装置は、レーダヘッド1、低域フィルタ(LPF)2、増幅器3、A/D変換器4、マイクロプロセッサ5及び警報器6よりなる。レーダヘッド1自体の構成は従来と同様であり、図2に示すように、送信アンテナ11と受信アンテナ12が備えられ、三角波発生器13により発生された、図12に示す一定周期の三角波が電圧制御発振器(VCO)14に制御電圧として供給され、これより三角波でVCO14の自走発振周波数を周波数変調して得られたFM変調波が取り出される。

この三角波を変調信号とする連続波であるFM変調波は、方向性結合器15を通して送信アンテナ11から送信波として目標物へ送信される。

【0015】送信波は目標物により反射されて、その反射波が受信アンテナ12で受信され、ミキサ16に供給されて方向性結合器15により分岐された前記FM変調波と周波数変換される。ここで、受信反射波は、このレーダ装置と目標物との間の距離に応じて、またこのレーダ装置と目標物との間の相対速度によるドップラシフトに応じて送信波との間に位相差及び振幅差を有しているため、ミキサ16からは上記の距離や相対速度に応じた周波数のずれを示すビート信号が取り出される。このビート信号は、増幅器17で増幅された後、図1の低域フィルタ(LPF)2に入力される。

【0016】図1において、LPF2は、このビート信号の低域周波数成分を濾波する。増幅器3は、LPF2により濾波されたビート信号を増幅してA/D変換器4に供給する。A/D変換器4は、入力信号をデジタル信号に変換してマイクロプロセッサ5に入力する。

【0017】マイクロプロセッサ5は、周波数解析処理器51と、ターゲット認識器52と、危険判別器53とを備える。周波数解析処理器51は、図2の三角波発生器13の出力三角波の周期に同期した同期信号が入力されると共に、A/D変換器4により一定時間でサンプリングされたビート信号の離散値データから高速フーリエ変換(FFT:Fast Fourier Transform)などの周波数成分解析手法を用いてスペクトラムを抽出する。ターゲット認識器52は、周波数解析処理器51で算出されたスペクトラムに基づいて、このFM-CWレーダ装置から目標物までの距離と相対速度を算出する。

【0018】図3はターゲット認識器52の一実施の形態のブロック図を示す。同図において、ピーク周波数検出器521は、周波数解析処理器51で得られたスペクトラムから一定以上のしきい値をもつピークを検出する。ターゲット追従器522は、すでに確定しているターゲットの次サイクルでの推定位置にピークベアがあるかどうかを判別してターゲットの追従を行う。仮ピークベア検出器523は、確定ターゲット以外の新規ターゲットに対して最も適合度合いが高いピークベアを仮ピークベアとして求める。

【0019】ターゲット確定器524は、前サイクルで推定した位置に仮ピークベア検出器523で求められた前記仮ピークベアがあるかどうかを判別してターゲットの確定を行う。距離及び相対速度検出器525は、確定しているターゲットについてそのピークベアから当該レーダ装置と目標物との間の距離、及び相対速度を検出する。

【0020】危険判別器53は、ターゲット認識器52で得られた距離及び相対速度から目標物に対する危険度を判別する。警報器6は、危険判別器53によって判定

された危険度合いにより、このFM-CWレーダ装置を搭載している自動車の運転者に対して、警報表示或いは警報音などにより警告する。すなわち、図11に示すように、このFM-CWレーダ装置が搭載されている自動車（これをレーダ車というものとする）21の前方に、例えば3台の先行車22、23及び24が走っているような場合、三角波の半周期の単調増加区間である上り区間と半周期の単調減少区間である下り区間のそれぞれにおいて、先行車22～24で反射された反射波を受信してそれらの間の距離や相対速度を測定することができ、これにより同一方向に走行している先行車22及び23への追突や、反対方向に走行している先行車23との衝突を避けることができる。

【0021】この実施の形態は、電波信号を用いて、先行車等の目標物との距離及び目標物との相対速度を検出するFM-CWレーダ装置において、電波信号を処理することにより、目標物に関連したスペクトラムを抽出する周波数解析処理器51と、前記スペクトラムのピーク周波数を検出するピーク周波数検出器521と、前記ピーク周波数から前記目標物の追従を判別するターゲット追従器522と、新規目標物に対して仮ピークペアを求める仮ピークペア検出器523と、前記仮ピークペアから前記新規目標物の確定を判別するターゲット確定器524と、前記目標物との距離及び相対速度を検出する距離及び相対速度検出器525を有することを特徴とするもので、次に、本発明の要部の図1のマイクロプロセッサ5における動作原理について詳細に説明する。

【0022】マイクロプロセッサ5は、メインルーチンのはかに周波数解析処理器51など、各種の動作プログラムにより支えられている。このFM-CWレーダ装置を搭載している自動車のエンジンを作動させるため、イグニッションキーを操作して電源を投入すると、一定時間経過後にマイクロプロセッサ5のリセットが解除される。リセット解除とともに、マイクロプロセッサ5が起動され、零番地からプログラムを実行し、図4に示すフローチャートに従ってメインルーチンを起動する。

【0023】このメインルーチンにおいては、まず、イニシャライズが行われて、各種の変数が初期化され（ステップS1）、続いて周波数解析処理が行われる（ステップS2）。この周波数解析処理について、図1と共に説明する。レーダヘッド1から送出された送信波が目標物に反射して反射波として戻り、送信波と受信反射波からビート信号が生成される。三角波による周波数変調（FM変調）された電波が出力されると同時に、ビート信号のA/D変換がA/D変換器4において開始される。

【0024】このビート信号の離散値化されたデータは、A/D変換器4から逐一マイクロプロセッサ5内部に蓄積される。また、このA/D変換は一定のサンプリング時間毎に実行され、そのためにサンプリング時間の

監視には一般的にタイマ割り込みなどが用いられることが多い。A/D変換器4によるビート信号の離散値化は、図12に示す三角波の一周期分実行される。この三角波の一周期で三角波の上り区間と下り区間に相当するビート信号の離散値データがマイクロプロセッサ5に蓄積されたことになる。

【0025】この三角波の上り区間、及び下り区間に相当するビート信号の離散値データからFFT（等に代表される周波数解析手法によって各々の区間の離散的なスペクトラムが得られる。以上が図4のステップS3の周波数解析処理である。

【0026】続いて、ステップS2で得られた離散的なスペクトラムに基づいて三角波の上り区間と下り区間のピークの組み合わせを求めて、距離と相対速度を検出する、ターゲット認識処理が行われ（ステップS3）、続いてステップS3で求めた距離、及び相対速度に基づいて自動車に対しての危険度を判別する（ステップS4）。危険度が高いと判断された場合は、ドライバに対して図1の警報器6で警報表示により注意を促す。

【0027】次に、本実施の形態の要部であるターゲット認識器52によるステップS3のターゲット認識処理動作について図5等のフローチャートを用いて詳細に説明する。まず、離散的なスペクトラムから、前記三角波の上り区間のピークを検出する。通常ピーク位置は一定以上のしきい値をもつスペクトルを抜き出し、その中心周波数を求めることで検出される。同様にして、前記三角波の下り区間のピークを検出する（ステップS10）。このようにして目標物に等しい数のスペクトラムのピークが上下の各区間において同一数検出されることになる。

【0028】次に、すでにターゲットとして認識されている確定ターゲットの追従判別が行われる（ステップS11）。確定ターゲットの追従判別については図6と図10を用いて詳細に説明する。

【0029】まず、すでにターゲットとして認識されている確定ターゲットがあるかどうかを調べる（図6のステップS50）。確定ターゲットとは後述する仮ピークペアの確定判別においてターゲットとして認識された目標物を指している。確定ターゲットがなければ未確定のターゲットのみか、或いはしきい値以上のスペクトラムのピークが存在しないかのいずれかであり、追従判別は実行されずそのままリターン処理する。

【0030】一方、確定ターゲットがある場合は、確定ターゲットすべてについて追従判別を行ったかどうかを調べて（図6のステップS51）、すべての確定ターゲットについて追従判別を行ったならリターン処理する。未だすべての確定ターゲットについて追従判別を行っていないなら、未確認の確定ターゲットについて追従判別を行う。

【0031】未確認の確定ターゲットがある場合は、前

回推定した位置にピークペアがあるかの追従判別を行う(図6のステップS52)。この追従判別処理を図10を用いて詳細に説明する。図10において、時刻 $t=N$ で二つのターゲットが確定しているものとする。それぞれのターゲットは、(PKup1(N), PKdn1(N))、(PKup2(N), PKdn2(N))のピークペアで表される。この時刻において次サイクル $t=N+1$ での両ターゲットの位置を推定する。そこで、推定された両ターゲットを(PKup1R(N), PKdn1R(N))、(PKup2R(N), PKdn2R(N))とする。

【0032】次サイクル $t=N+1$ では、 $t=N$ で推定した位置にピークペアがあるかどうかを調べる。この場合、図10の $t=N+1$ において点線で示されている推定位置とはほぼ等しい位置にピークペア(PKup1(N+1), PKdn1(N+1))が存在すれば、ターゲット確定が更新されたとして、図6のステップS53で追従判別が完了したものとして、ピークペア(PKup1(N+1), PKdn1(N+1))を新たに確定ターゲットとする。

【0033】一方、図10の $t=N+1$ において点線で示されている推定位置とはほぼ等しい位置にピークペアが存在しない場合は、図6のステップS54で確定ターゲット(PKup1(N), PKdn1(N))のターゲットとしての認識は行われず、そのターゲットは消滅したと判断される。

【0034】図6のステップS55では、更新された確定ターゲット(PKup1(N+1), PKdn1(N+1))の次サイクル $t=N+2$ での推定位置(PKup1R(N+1), PKdn1R(N+1))を求める。ここで求められた推定位置は次サイクル $t=N+2$ で確定ターゲット追従判別に用いられる。

【0035】図6のステップS56では、ステップS53で更新された確定ターゲット(PKup1(N+1), PKdn1(N+1))を後述する仮ピークペア算出のピーク候補から除外する。次に再びステップS51へ戻り、確定ターゲットについてすべて調べたかどうかを判定して、全部の確定ターゲットについて調べて追従判別を完了しているならば、確定ターゲット追従判別のサブルーチンからメインルーチンへリターンする。

【0036】ステップS11で確定ターゲットの追従判別が完了した後、ステップS56で更新された確定ターゲットを除いた残りのピークについて、図5のステップS12において仮ピークペアを算出する。次に、この仮ピークペアの算出処理について、図7、図8と図11乃至図15を用いて詳細に説明する。

【0037】いま、図11に示すように、この実施の形態のFM-CWレーダ装置が搭載されている自動車(これをレーダ車というものとする)21の前方に、3台の先行車22、23及び24が走っているものとする。図

12に示す三角波によってFM変調された電波の送受信によって得られるビート信号を、離散値化した後、周波数解析処理器51でFFT等の周波数解析して得られるスペクトルは、例えば図13のようになる。このとき、三角波の上り区間と下り区間のスペクトルピークの組み合わせは全くの未知である。図7、6と図13を用いて以下詳細に説明する。

【0038】ステップS12での仮ピークペアの算出処理においては、まず上り区間に未検索のピークがあるかどうかを調べる(図7のステップS21)。これは順々に上り区間のピークに対応して下り区間のピークを仮ピークペアとして算出していくためである。上り区間に未検索のピークがあればステップS22へ進み、すべてを検索したならば、ステップS23へ進む。ここでは、最初の検索なので図7のステップS22へ進む。

【0039】ステップS22では、上り区間で最も低周波数のピークを選択してPKup(i)とする。これは順々に周波数の低いピークから検索して仮ピークペアを求めるためである。この例では図13のPKup1が選ばれる。続いて、PKup(i)に対する下り区間の仮ピークペア検索範囲を設定する(図7のステップS24)。これはPKup(i)に対応する下り区間のピークの存在する範囲を限定するもので、こうすることにより効率的に仮ピークペアを算出することができる。実際には、相対速度が零の場合は上り区間と下り区間のピーク位置は一致するが、零でない場合はその位置は異なる。ここで、相対速度の検出範囲を例えば $\pm 200 \text{ km/h}$ とすれば、それにより下り区間の検索範囲が決定される。

【0040】続いて、下り区間の検索範囲にあるピークを順々に検索するが、未検索のピークがあるかどうかを調べる(図7のステップS25)。この例では、図13のピークPKup1に対応する下り区間の検索範囲31にはピークPKdn1とピークPKdn2が存在する。検索範囲31に未検索のピークがあればステップS21へ戻るが、ここでは未検索のピークがあるのでステップS26へ進む。

【0041】ステップS26では、下り区間の検索範囲で最も低周波数のピークを選択してPKdn(j)とする。これは順々に周波数の低いピークから検索して仮ピークペアを求めるためである。図13の例ではピークPKdn1がPKdn(j)として選ばれる。

【0042】続いて、上り区間のピークPKup(i)と下り区間のピークPKdn(j)との区間積分の差分IDEFを算出する(図7のステップS27)。ピークPKup(i)の積分値は、あらかじめ設定された積分区間(図13に32で示す)内で算出される。下記に示すようにピークPKup(i)の積分値は次のように算出される。

【0043】

$$\Delta PKup(i) = \Sigma PWSup(fup) \quad (1)$$

また、ピークPKdn(j)の積分値は同様にして次の【0044】
ように算出される。

$$\Delta PKdn(j) = \Sigma PWSdn(fdn) \quad (2)$$

上記の両積分値から区間積分の差分IDEFijは次式【0045】
により算出される。

$$IDEFij = \{ \Delta PKup(i) - \Delta PKdn(j) \} \quad (3)$$

図13の例では、上り区間のピークPKup1と下り区
間のピークPKdn1との区間積分の差分IDEF11
は次式で算出することができる。

$$IDEF11 = \{ \Delta PKup1 - \Delta PKdn1 \} \quad (4)$$

続いて、上り区間のピークPKup(i)と下り区間の
ピークPKdn(j)とのピークレベルの差分PLDEF
Fを算出する(図7のステップS28)。また、ピーク
PKup(i)、PKdn(j)のピークレベルはあら
【0047】

$$PLDEF = | PKup(i)_{max} - PKdn(j)_{max} | \quad (5)$$

図13の例では、上り区間のピークPKup1と下り区
間のピークPKdn1とのピークレベルの差分PLDEF
Fは次の式で算出することができる。

$$PLDEF = | PKup1_{max} - PKdn1_{max} | \quad (6)$$

続いて、前記区間積分の差分IDEFと前記ピークレ
ベルの差分PLDEFから次式によりスペクトル適合度合
いWijを算出して、ピークPKup(i)と対を成す
【0048】
【0049】

$$Wij = 1 / (IDEF \times PLDEF) \quad (7)$$

図13の例では、W11が算出されて、集合PPi
{(PKup1, PKdn1)}に要素として加えられ
る。

【0050】ステップS29の処理が終ると、次にステ
ップS25に戻り、下り区間の検索範囲に未検索のピー
クがあるかどうかを調べる。図13の例では、ピークP
Kup1に対応する下り区間の検索範囲31にはピーク
PKdn2が存在するので、ステップS26へ再び進
む。

【0051】ステップS26からステップS29におい
ては上記と同様にして区間積分の差分IDEFとピーク
レベルの差分PLDEF、及びスペクトル適合度合いW
12が算出されて、ピークペアの集合PPi {(PKu
p1, PKdn1), (PKup1, PKdn2)}に
要素として加えられる。

【0052】再びステップS25に戻り、下り区間の検
索範囲に未検索のピークがあるかどうかを調べる。図1
3の例では、ピークPKup1に対応する下り区間の検
索範囲31には未検索のピークは存在しないので、ステ
ップS21へ進む。ステップS21では上り区間に未検
索のピークがあるかどうかを調べる。図13の例では、
上り区間に未検索のピークPKup2、PKup3かあ
るので、再びステップS22へ進む。

【0053】次のステップS22からは前記のピークP
Kup1の場合と同様に、未検索のピークPKup
(i)に対して下り区間の仮ピークペア検索区間を設定
した後、検索範囲内に存在するピークPKdn(j)と
のスペクトル適合度合いWijを求めてピークペアの集

合PPi {(PKup1, PKdn1)}に加える。図13の例では、ピークPKu
p2に対して検索範囲内にピークPKdn1とピークP
Kdn2が存在しており、それぞれの適合度合いW21
とW22を算出して、ピークペアの集合PP2 {(PK
up2, PKdn1), (PKup2, PKdn2)}
に加える。

【0054】また、同様にしてピークPKup3に対
しては検索範囲内にピークPKdn3が存在しており、そ
れぞれの適合度合いW33を算出して、ピークペアの集
合PP3 {(PKup3, PKdn3)}に加える。

【0055】再びステップS21へ戻ったとき、上り区
間のすべてのピークについて検索したのでステップS2
3に進む。ステップS23では、再度上り区間の各ピー
クを再検索するため、ステップS21、及び25で検索
済とされたピークの属性をすべて未検索とした後、図8
のステップS30に進む。

【0056】ステップS30では、上り区間に未検索の
ピークがあるかどうかを調べる。これは順々に上り区間
のピークに対応して下り区間のピークを仮ピークペアと
してピークペアの集合から選択していくためである。す
べてを検索していなければステップS31へ進み、すべ
てを検索したならばメインルーチンへリターンする。こ
こでは、最初の検索なのでステップS31へ進む。ステ
ップS31では、上り区間で最も低周波数のピークを選
択してPKup(i)とする。これは順々に周波数の低い
ピークから検索してピークペアの集合から仮ピークペ
アを選択するためである。図13の例ではPKup1が
選ばれる。

【0057】続いて、ピークPKup(i)のピークペアの集合PPi({})から適合度合いが最も高いペアを仮ピークペアSPP(i, j)とし、目標物のピーク組み合わせの候補とする(図8のステップS32)。これは、上り区間と下り区間のピーク対は前述した区間積分の差分IDEF及びピークレベルの差分PLDEFが小さいほど整合が取れている(相関が強い)ので、前記(7)式から適合度合いWijが高いほど(大きいほど)、真のピーク対である確率が高いためである。図13の例では、ピークPKup1のピークペアの集合PPi({})から最も適合度合いが高いピークペア(PKup1, PKdn1)を仮ピークペアSPP(1, 1)とする。

【0058】続いて、ステップS32で選択された仮ピークペアの下り区間のピークPKdn(j)はすでに仮ピークペアを成しているかどうかを調べる(図8のステップS33)。これはすべてのピークペアの集合PPi({})から最も適合度合いが高いピークペアを仮ピークペアとするためである。図13の例では、ピークPKdn1は仮ピークペアを成していないので、ステップS30に戻る。

【0059】ステップS30では、未検索の上り区間のピークがあるかどうかを調べて、あれば、以後同様のステップにより仮ピークペアをピークペアの集合PPi({})から選択する。図13の例では、上り区間すべての検索が終了した時点で仮ピークペアSPP(1, 1)、SPP(2, 2)、SPP(3, 3)が算出されている。

【0060】ここで、上記のステップS33で仮ピークペアを成すピークPKdn(j)が既に仮ピークペアを成していると判定する場合を、図14と図15の両方を例にとって説明する。まず、図14の例について説明する。この例では、下り区間の二つのピークPKdn2とPKdn3はピークとして認識できるが、スペクトルの一部が重なっている。この例で、ステップS23までに各スペクトル適合度合いWijとピークペアの集合PPi({})が求められているとする。

【0061】ステップS30では、上り区間に未検索のピークがあるかどうかを調べる。これは順々に上り区間のピークに対応して下り区間のピークを仮ピークペアとしてピークペアの集合から選択していくためである。すべてを検索していなければステップS31へ進み、すべてを検索したならばメインルーチンへリターンする。ここでは、最初の検索なのでステップS31へ進む。

【0062】ステップS31では、上り区間で最も低周波数のピークを選択してPKup(i)とする。これは順々に周波数の低いピークから検索してピークペアの集合から仮ピークペアを選択するためである。図14の例ではPKup1が選ばれる。ステップS32で、ピークPKup(i)のピークペアの集合PPi({})から適合

度合いが最も高いペアを仮ピークペアSPP(i, j)とする。図14の例では、ピークPKup1のピークペアの集合PPi({})から最も適合度合いが高いピークペア(PKup1, PKdn1)を仮ピークペアSPP(1, 1)とする。

【0063】ステップS33では、ステップS32で選択された仮ピークペアの下り区間のピークPKdn(j)はすでに仮ピークペアを成しているかどうかを調べる。これはすべてのピークペアの集合PPi({})から最も適合度合いが高いピークペアを仮ピークペアとするためである。図14の例では、ピークPKdn1は仮ピークペアを成していないので、ステップS30に戻る。

【0064】ステップS30では、再び上り区間に未検索のピークがあるかどうかを調べる。図14の例では、ピークPKup2とピークPKup3が未検索である。さらに、ステップS31で、上り区間で最も低周波数のピークPKup2が選択される。ステップS32では、ピークPKup2のピークペアの集合PP2({})から最も適合度合いが高いピークペア(PKup2, PKdn1)を仮ピークペアSPP(2, 1)とする。

【0065】ステップS33では、ステップS32で選択された仮ピークペアの下り区間のピークPKdn1はすでに仮ピークペアを成しているかどうかを調べる。図14の例では、ピークPKdn1は既にピークPKup1の仮ピークペアを成しているため、図8のステップS34に進む。

【0066】ステップS34では、既に下り区間のピークPKdn(j)と仮ピークペアを成す上り区間のピークをPKup(k)とする。図14の例では、ピークPKdn1は既にピークPKup1と仮ピークペアを成しているため、ピークPKup1が選択される。

【0067】続いて、両仮ピークペア(PKup(i), PKdn(j))、(PKup(k), PKdn(j))のどちらが適合度合いが高いかを比較する(図8のステップS35)。図14の例では、仮ピークペア(PKup1, PKdn1)の適合度合いW11と、仮ピークペア(PKup2, PKdn1)の適合度合いW21のどちらが高いかを比較される。仮ピークペア(PKup(i), PKdn(j))の適合度合いWijが、仮ピークペア(PKup(k), PKdn(j))の適合度合いWkjより高い場合はステップS36へ進み、逆に低い場合はステップS37へ進む。

【0068】ステップS36では、仮ピークペア(PKup(i), PKdn(j))の適合度合いWijが、適合度合いWkjより高いので、仮ピークペアSPP(k, j)を解除する。続いて、ピークペアの集合PPK({})から次に適合度合いが高いピークペアを仮ピークペアSPP(k, m)とする(図8のステップS38)。

【0069】一方、ステップS37では、仮ピークペア

(PKup(k), PKdn(j))の適合度合いWk_jが、適合度合いWi_jより高いので、ピークペアの集合PPi_jから次に適合度合いが高いピークペアを仮ピークペアSPP(i, n)とする。

【0070】図14の例では、仮ピークペア(PKup1, PKdn1)の適合度合いW11が、(PKup2, PKdn1)の適合度合いW21より高いので、ステップS36において、仮ピークペア(PKup2, PKdn1)、すなわちSPP(2, 1)を解除する。そして、仮ピークペアSPP(2, 1)が解除されたので、ステップS38において、ピークPKup2に対応する仮ピークペアをピークペアの集合PP2_jから次に適合度合いが高いピークペア(PKup2, PKdn2)を仮ピークペアSPP(2, 2)とする。

【0071】ステップS37又はS38の処理が終了すると、ステップS30に戻り、上り区間に未検索のピークがあるかどうかを調べる。図14の例では、ピークPKup3が未検索であるので、続くステップS31でピークPKup3が選択される。続いて、ステップS32では、ピークペアの集合PP3_jから適合度合いが最も高いピークペア(PKup3, PKdn3)を仮ピークペアSPP(3, 3)とする。

【0072】ステップS33では、ピークPKdn3は仮ピークペアを成していないので再度ステップS30へ戻る。ステップS30では、上り区間の未検索のピークがあるかどうか調べるが、既に全ピークについて調べたのでメインルーチンへリターンする。

【0073】また、図15は図14においてピークPKdn2とピークPKdn3が重複した場合である。この場合には、一連の仮ピークペア検出フローチャートによればピークペア(PKup1, PKdn1)が仮ピークペアSPP(1, 1)、ピークペア(PKup3, PKdn3)が仮ピークペアSPP(3, 3)となり、ピークPKup2はペアとなるピークが下り区間に存在しないのでフローティングとなる。

【0074】以上説明した仮ピークペア算出処理S12のルーチンが終了すると、図5に示すステップS13で仮ピークペアの確定判別が行われる。このステップS13の仮ピークペアの確定判別処理は、新しく出現した目標物をターゲットとして確定するための判別を実行するものである。

【0075】次に、この仮ピークペアの確定判別処理について、図9と図16を用いて詳細に説明する。まず、図9のステップS60では、すでに確定判別中の仮ピークペアがあるかどうかを調べる。確定判別中の仮ピークペアがなければ今回のサイクルで新規目標物が出現したか、あるいは新規目標物が全く存在しないかのいずれかであり、すべての仮ピークペアの次サイクルでの推定位置を算出し(図9のステップS61)、その算出後ターゲット認識ルーチンへリターンする。

【0076】一方、ステップS60で確定判別中の仮ピークペアがあると判定した場合は、仮ピークペアすべてについて確定判別を行ったかどうかを調べて(図9のステップS62)、すべての仮ピークペアについて確定判別を行ったならリターン処理し、未だすべての仮ピークペアについて確定判別を行っていないなら、未確認の仮ピークペアについて確定判別を行う(図9のステップS63)。

【0077】この様子を図16を用いて説明する。時刻t=Nで前述した三角波の上り区間と下り区間における二つの仮ピークペアが求められているものとする。それぞれのターゲットは、(PKup1(N), PKdn1(N))、(PKup2(N), PKdn2(N))の仮ピークペアで表される。この時刻Nにおいて次サイクルt=N+1での両ターゲットの位置を推定する。そこで、推定された両ターゲットを(PKup1R(N), PKdn1R(N))、(PKup2R(N), PKdn2R(N))とする。

【0078】次サイクルt=N+1では、t=Nで推定した位置に仮ピークペアがあるかどうかを調べる。この場合、図16のt=N+1において点線で示されている推定位置とほぼ等しい位置に仮ピークペア(PKup1(N+1), PKdn1(N+1))が存在すれば、その仮ピークペアの確定判別回数をカウントアップする(図9のステップS64)。

【0079】次に、その仮ピークペアの確定判別回数が予め定められた既定回数以上かどうかを判別する(図9のステップS66)。既定回数以上に達した場合は、その仮ピークペアを確定ターゲットとする(図9のステップS67)。なお、同確定ターゲットは次サイクルからは確定ターゲットの追従判別の対象となる。また、ステップS66で確定判別回数が既定回数以上に達しない場合は、次サイクルでの確定判別のために同仮ピークペアの次サイクルでの推定位置を求める(図9のステップS68)。また、ステップS67で確定ターゲットとなった場合も、次サイクルでの追従判別のために同様にして、ステップS68で仮ピークペアの次サイクルでの推定位置を求める。

【0080】一方、図16のt=N+1において点線で示されている推定位置とほぼ等しい位置に仮ピークペアが存在しない場合は、その仮ピークペア(PKup1(N), PKdn1(N))の確定判別回数がリセットされる(図9のステップS65)。

【0081】ステップS68又はS65の処理後、再びステップS62へ戻り、仮ピークペアについてすべて調べたかどうかを判定して、全部の仮ピークペアについて調べて確定判別を完了しているならば、仮ピークペア確定判別のサブルーチンからメインルーチンへリターンする。

【0082】再び、図5に戻って説明するに、上記のス

ステップS13の仮ピークペア算出処理が終ると、続いてステップS14に進んで確定ターゲットについて同ターゲットまでの距離Rと同ターゲットとの相対速度Vを次

$$R = k_r \times \{ (PK_{up1}(N) + PK_{dn1}(N)) / 2 \} \quad (8)$$

$$V = k_v \times \{ (PK_{up1}(N) - PK_{dn1}(N)) / 2 \} \quad (9)$$

ただし、上式において k_r 、 k_v はFM-CWレーダ装置の各パラメータによる決まる定数である。以上の方法により確定したターゲットは認識されたとして以後レーダ検知範囲から外れて消滅するまで追従される。

【0084】以上のようにして、ターゲット認識器52によるステップS3のターゲット認識処理動作が終ると、図1の危険判別器53が認識されたターゲットが自動車に対して危険であるかどうかを距離Rと相対速度Vに基づいて判別する(図4のステップS4)。危険判別器53が算出した危険度が一定値以上で危険であると判断した場合は、警報器6により警報音などを発生させてドライバに知らせる。これにより、ドライバに危険を回避させることができる。

【0085】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、周波数解析処理器で得られたスペクトラムから、変調信号の半周期毎に一定のしきい値以上のピークを検出し、変調信号の各周期毎に前半の半周期と後半の半周期に対応したピークのペアのうち、適合度合いの高いピークのペアを仮ピークペアとして目標物のピーク組み合わせの候補として、次の周期の仮ピークペアの時間位置を推定し、次の周期の実際の検出ピークの時間位置と推定時間位置とに基づいてターゲットの確定を行い、その確定されたターゲットのピークペアから目標物までの距離及び目標物との相対速度を算出することにより、目標物との相対速度に依存せずに適合度合いの高いピークペアと時系列上の整合性を利用して、信頼度の高いピークペアを選択することでターゲットを確定するようにしたため、ピークペアの全組み合わせから整合のとれた組み合わせを得る従来装置に比し、特に相対速度が低い目標物に対して高速に目標物までの距離及び目標物との相対速度を算出することができ、また複数の目標物の正確な距離と相対速度を高速、かつ、正確に算出することができる。

【0086】また、目標物が大型トラックや普通乗用車など形状や大きさに応じて検出するピークの形状やレベルが異なるが、従来は目標物の動きが近似しているときは目標物の形状が異なっても目標物を誤認することがあったのに対し、本発明によれば、ピークの形状や大きさが近似しているピークペアを適合度合いが高いものとして選択するようにしているため、目標物を誤認することがなく、従来に比べて正確に目標物までの距離及び目標物との相対速度を算出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明装置の一実施の形態の全体構成を示すブロック図である。

式により求める。

【0083】

【図2】図1中のレーダヘッドの一例のブロック図である。

【図3】図1中のターゲット認識器の一実施の形態のブロック図である。

【図4】図1中のマイクロプロセッサの動作のメインルーチンである。

【図5】図1中のターゲット認識器の動作説明用フローチャートである。

【図6】図5中の確定ターゲットの追従判別処理説明用フローチャートである。

【図7】図5中の仮ピークペア算出処理説明用フローチャート(その1)である。

【図8】図5中の仮ピークペア算出処理説明用フローチャート(その2)である。

【図9】図5中の仮ピークペアの確定判別処理説明用フローチャートである。

【図10】本発明による確定ターゲット追従判別の説明図である。

【図11】本発明装置の適用例の一例を示す図である。

【図12】本発明で用いる三角波の一例を示す図である。

【図13】図5中の仮ピークペア算出処理の説明図である。

【図14】図5中の仮ピークペア算出処理の説明図である。

【図15】図5中の仮ピークペア算出処理の説明図である。

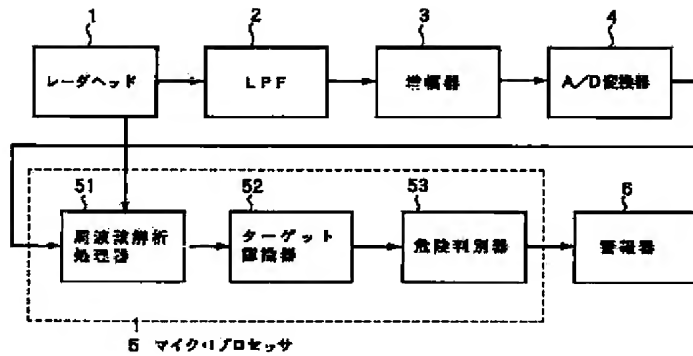
【図16】図5中のターゲット確定処理の説明図である。

【符号の説明】

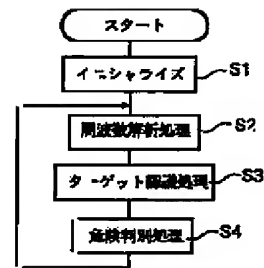
- 1 レーダヘッド
- 2 低域フィルタ(LPF)
- 3 増幅器
- 4 A/D変換器
- 5 マイクロプロセッサ
- 6 警報器
- 31 検索範囲
- 32 積分区間
- 51 周波数解析処理器
- 52 ターゲット認識器
- 53 危険判別器
- 521 ピーク周波数検出器
- 522 ターゲット追従器
- 523 仮ピークペア検出器
- 524 ターゲット確定器

525 距離及び相対速度検出器

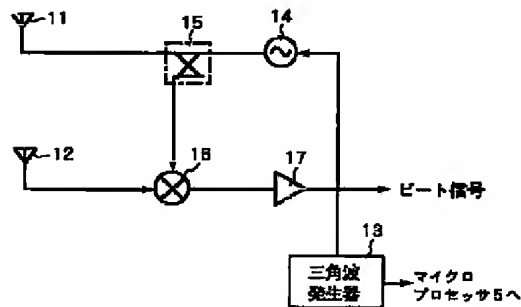
【図1】



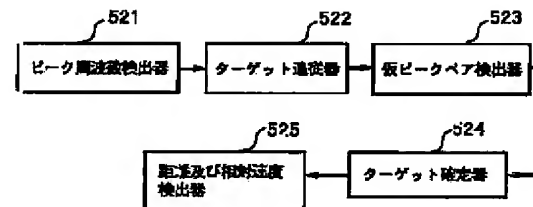
【図4】



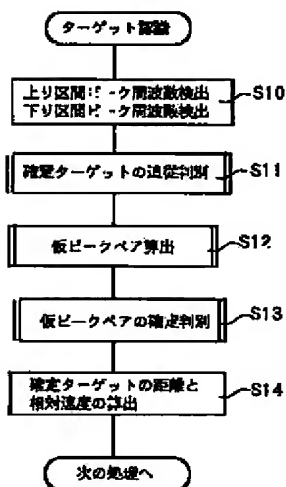
【図2】



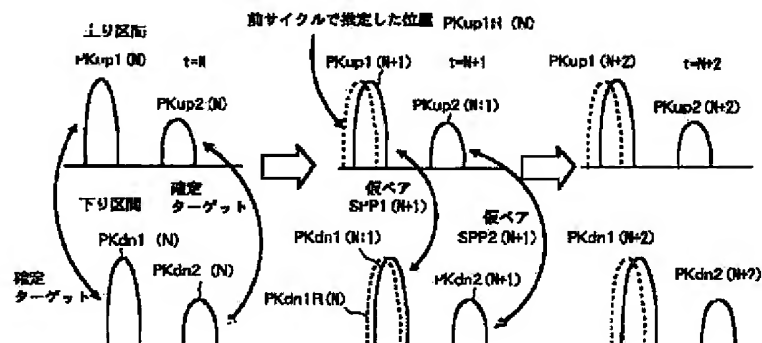
【図3】



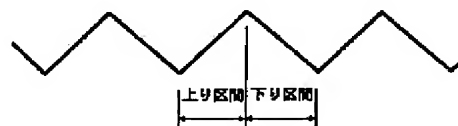
【図5】



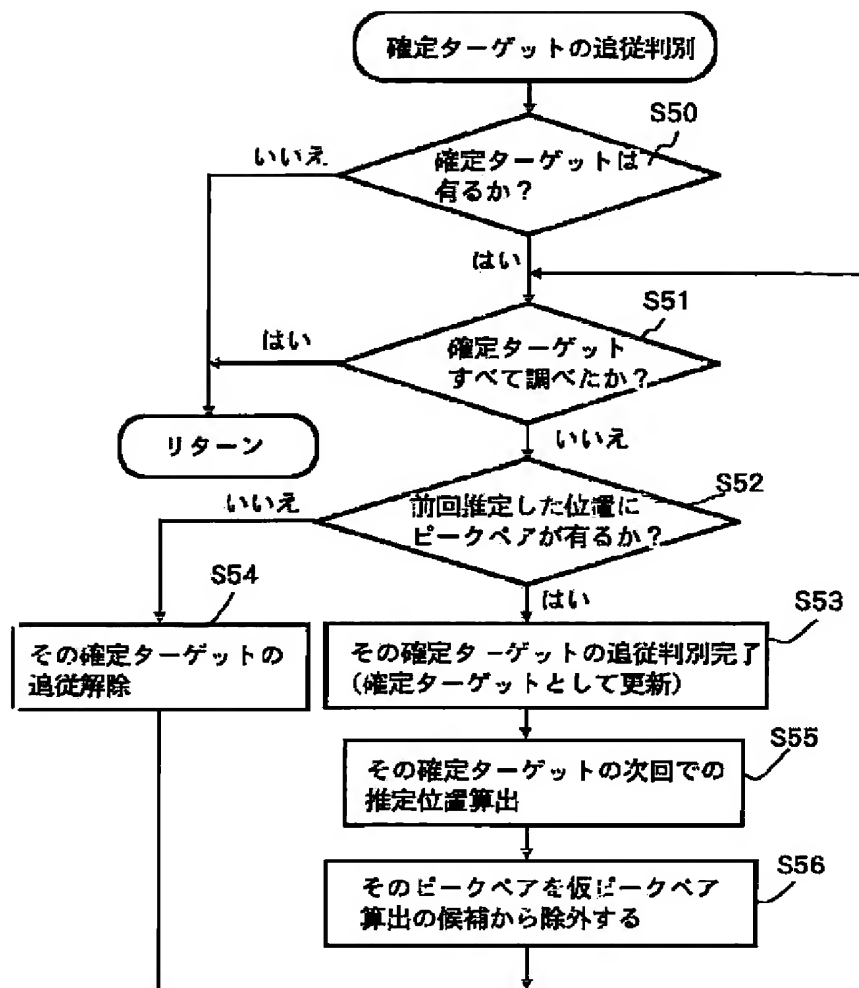
【図10】



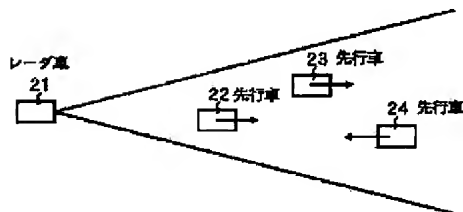
【図12】



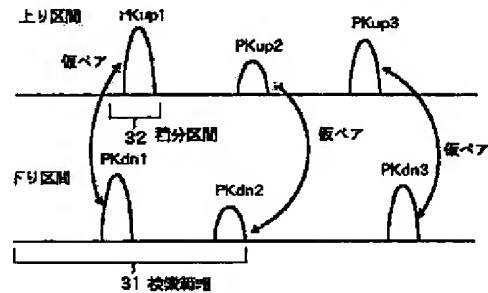
【図6】



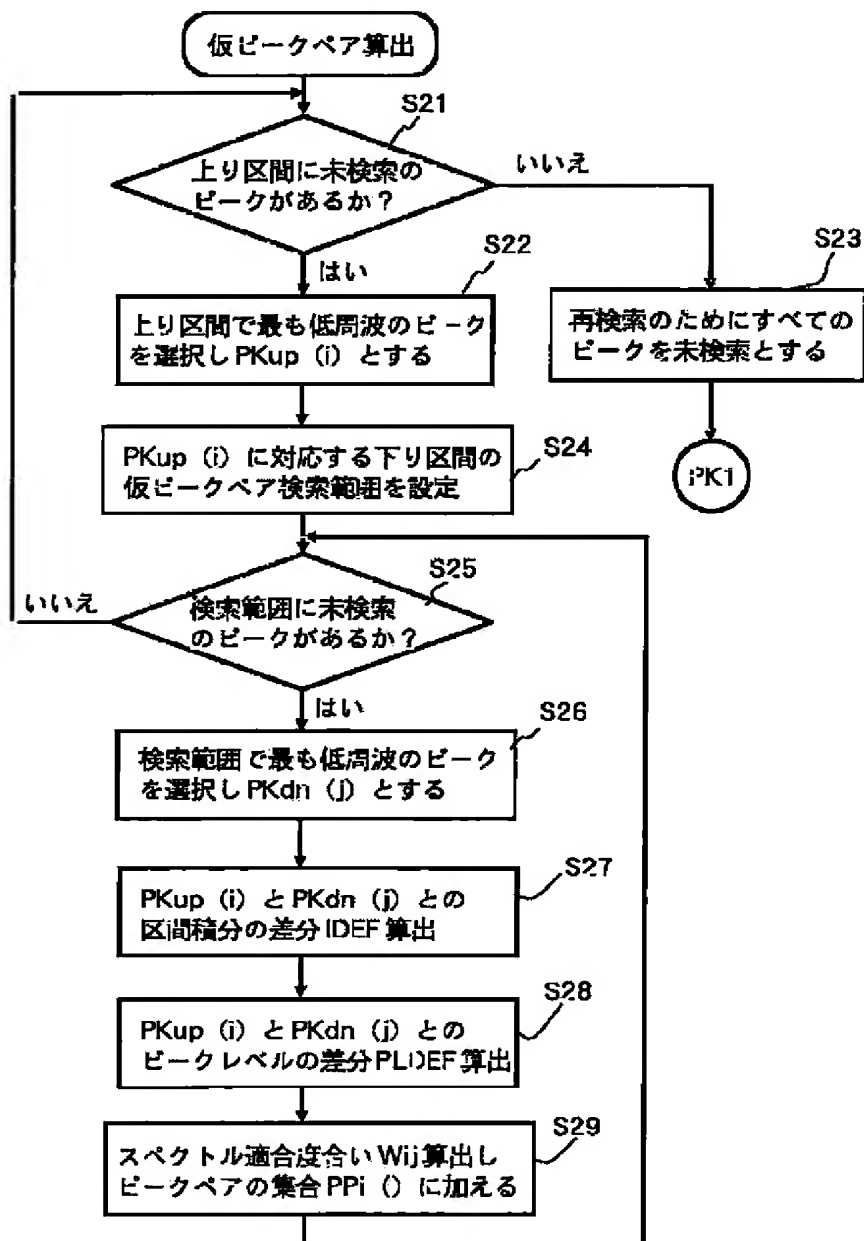
【図11】



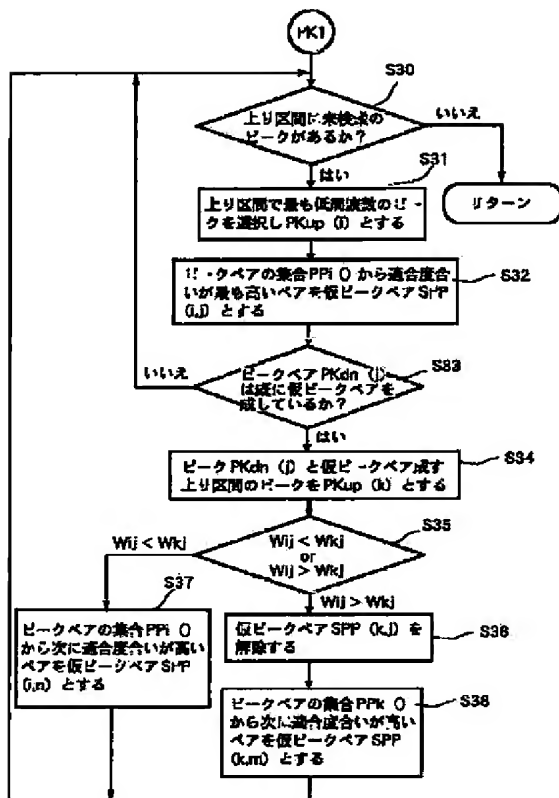
【図13】



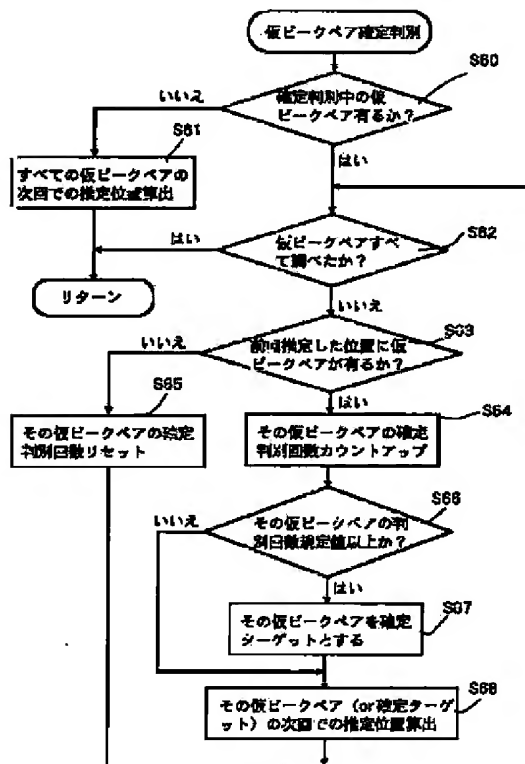
【図7】



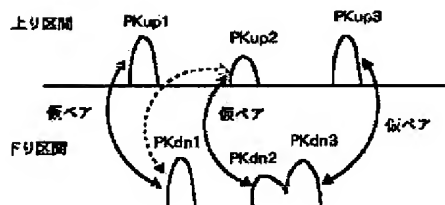
【図8】



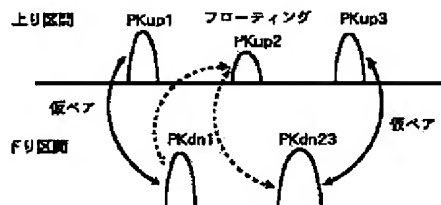
【図9】



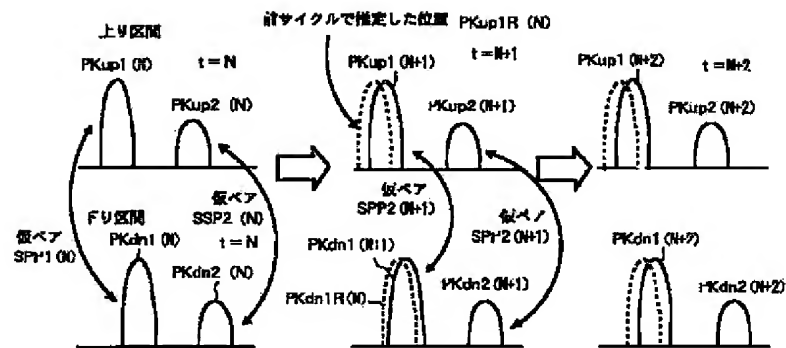
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5J070 AB19 AB24 AC02 AC06 AD02
AE01 AF03 AH01 AH02 AH04
AH14 AH19 AH25 AH31 AH33
AH35 AH39 AH50 AK14 AK22
AK40 BA01 BB03 BB06 BB14
BF02 BF03 BF10 BF12 BF13
BF20